

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-344054  
(P2002-344054A)

(43) 公開日 平成14年11月29日 (2002. 11. 29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 S 3/30		H 0 1 S 3/30	Z 5 F 0 7 2
3/06		3/06	B 5 K 0 0 2
3/10		3/10	Z
H 0 4 B 10/04		H 0 4 B 9/00	J
10/06			E

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-143736(P2001-143736)

(22) 出願日 平成13年5月14日 (2001. 5. 14)

(71) 出願人 000003290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 山中 浩司

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

Fターム(参考) 5F072 AB09 AK06 HH02 HH03 JJ05

JJ09 PP07 QQ07 RR01 YY17

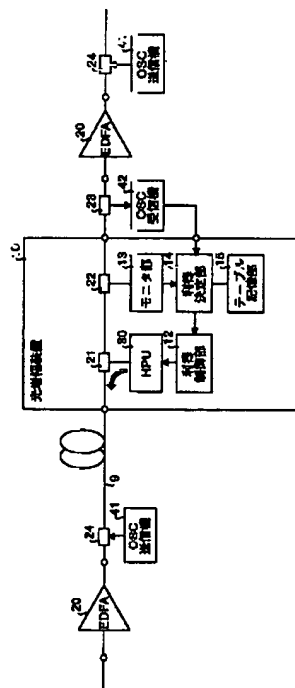
5K002 CA10 CA13 DA02

(54) 【発明の名称】 光増幅装置および光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 E F F Aで生じた利得偏差をラマン増幅によって補償する光増幅装置およびその光増幅装置を設けた光伝送システムを提供すること。

【解決手段】 光増幅装置10が、前段のE F F A20から入力された信号光の信号光パワーと多重波長数を取得して、その信号光のパワーが次段のE F F A20の最適入力パワーとなるようにラマン増幅の利得を決定する。そして、決定した利得に従ってH P U (高出力励起光源) 30を制御し、入力された信号光に対してラマン増幅をおこなう。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 集中型光増幅器によって増幅された信号光を入力し、入力した信号光に対し、当該信号光が集中型光増幅器において最適とされる所定の入力信号光パワーとなるようにラマン増幅をおこなうことを特徴とする光増幅装置。

【請求項2】 集中型光増幅器によって増幅された信号光を入力し、入力した信号光の多重波長数と信号光パワー値とに基づいて、集中型光増幅器において最適とされる入力信号光パワーを決定し、前記信号光に対し、当該信号光が前記入力信号光パワーとなるようにラマン増幅をおこなうことを特徴とする光増幅装置。

【請求項3】 集中型光増幅器によって増幅されかつ伝送路に送出された信号光を分波する分波手段と、前記分波手段によって分波された信号光の信号光パワーを検知するモニタ手段と、前記モニタ手段によって検知された信号光パワーとあらかじめ記憶された集中型光増幅器の最適入力信号光パワーとを比較し、該比較結果から、前記信号光に対し、当該信号光が前記最適入力信号光パワーとなるようにラマン増幅をおこなうのに必要な利得を決定する利得決定手段と、前記利得決定手段によって決定された利得に応じた大きさの励起光を前記伝送路に出力する励起光源と、を備えたことを特徴とする光増幅装置。

【請求項4】 前記利得決定手段は、前記信号光の多重波長数に基づいて、あらかじめ記憶された集中型光増幅器の複数の最適入力信号光パワーのうちの一つを前記比較の対象となる最適入力信号光パワーとすることを特徴とする請求項3に記載の光増幅装置。

【請求項5】 伝送路上に複数の集中型光増幅器を具備して構成される光伝送システムにおいて、前記集中型光増幅器間の伝送路上に設けられるとともに、前段の集中型光増幅器によって増幅された信号光を入力し、入力した信号光に対し、当該信号光が後段の集中型光増幅器において最適とされる所定の入力信号光パワーとなるようにラマン増幅をおこなう光増幅装置を備えたことを特徴とする光伝送システム。

【請求項6】 伝送路上に複数の集中型光増幅器を具備して構成される光伝送システムにおいて、少なくとも前記伝送路上を伝播する信号光の多重波長数を示す制御信号光を前記伝送路に送信する信号光情報送信装置と、前記制御信号光を受信する信号光情報受信装置と、前記集中型光増幅器間の伝送路上に設けられるとともに、前段の集中型光増幅器によって増幅された信号光を入力し、入力した信号光から当該信号光の信号光パワー値を取得し、前記信号光情報受信装置から前記信号光の多重波長数を取得し、取得した信号光パワー値と多重波長数とに基づいて、後段の集中型光増幅器において最適

とされる入力信号光パワーを決定し、前記信号光に対し、当該信号光が前記入力信号光パワーとなるようにラマン増幅をおこなう光増幅装置と、を備えたことを特徴とする光伝送システム。

【請求項7】 前記信号光情報送信装置は、OSC (Optical Supervisory Channel) 送信機であり、前記信号光情報受信装置は、OSC 受信機であることを特徴とする請求項6に記載の光伝送システム。

【請求項8】 前記集中型光増幅器は、エルビウム添加ファイバアンプであることを特徴とする請求項5、6または7に記載の光伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、EDFA等の集中型光増幅器によって構築された光伝送システムにおいて、集中型光増幅器で生じた利得偏差をラマン増幅によって補償する光増幅装置およびその光増幅装置を設けた光伝送システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年のインターネットの急速な普及や企業内LAN間接続の急増等によって、単なる通信発呼数の増加だけでなく、伝送されるコンテンツデータが動画像のように大容量化する傾向にあることから、データトラヒックの急増が問題となっている。そこで、データトラヒックの増加による通信パフォーマンスの低下を防止するためにも、WDM (波長多重伝送) システムがめざましい発展を遂げ普及している。

【0003】WDMシステムでは、複数の光信号をそれぞれ異なる波長に乗せることにより1本のファイバで従来の100倍にも及ぶ大容量伝送を実現している。特に既存のWDMシステムは、エルビウム添加ファイバアンプ (以下、EDFA) を用いることで、広帯域・長距離伝送を可能としている。ここで、EDFAは、エルビウムという元素を添加した特殊な光ファイバに波長1480nm、あるいは波長980nmの励起レーザで通光した際に、伝送信号である波長1550nm帯の光が上記特殊ファイバの中で増幅されるという原理を応用した増幅器である。

【0004】図6は、従来のWDMシステムの概略構成を示すブロック図である。図6に示すように、従来のWDMシステムでは、光ファイバを伝送媒体とした伝送路99上に所定の区間ごとにEDFA (100, 110) を設けている。伝送路99を通過する信号光は、これら複数のEDFAに増幅されることによって、情報として認識されるだけの最低限のパワーを維持している。

【0005】EDFA (100, 110) は、通常、エルビウム添加ファイバ、そのエルビウム添加ファイバを励起するための励起レーザ、光アイソレータおよび光フィルタを備えて構成される (図示省略)。特に励起レーザは、多重化された複数の波長 (チャネル) の信号光に

互る増幅をおこなう必要があることから、発振中心波長が異なる複数の半導体レーザによって構成される高出力励起光源（HPU：High-power Pumping Unit）として提供される。また、このHPUでは、同一の発振中心波長についてさらに複数の半導体レーザを組み合わせることで、大きな励起光出力を確保する場合もある。

【0006】また、このような多波長増幅をおこなうEDFA（100，110）では、用意された発振中心波長の半導体レーザの個数以上に多重化された信号光に対し、波長ごとに増幅度が異ならないように、信号光を構成する波長範囲に亘って平坦な利得プロファイルを有する必要がある。すなわち、EDFA（100，110）は、信号光の波長範囲に対する利得偏差を最小にすることが望ましい。

【0007】そこで、通常、EDFA（100，110）は、所定の信号光パワーを有する信号光に対して最も平坦な利得プロファイルを示すように、利得等化フィルタ等を設けて、その利得仕様が最適化されている場合が多い。図7は、従来のEDFAにおける利得プロファイルを説明するための説明図である。図7では、例として信号光パワーが $-17\text{ dBm}$ の場合と $-25\text{ dBm}$ の場合の利得プロファイルが示されている。特に、このEDFAでは、 $-17\text{ dBm}$ の信号光パワーが入力された際に、波長 $1540\text{ nm}$ ～ $1580\text{ nm}$ に亘って最も均一な利得が得られるように調整されている。一方、 $-25\text{ dBm}$ の信号光パワーが入力された際には、 $-17\text{ dBm}$ の信号光パワーが入力された際と比較して短波長側の利得偏差が大きく、均一な利得が得られない。

【0008】よって、EDFAを用いたWDMシステムでは、EDFAに入力する信号光のパワーを、そのEDFAの利得プロファイルが最も平坦となるようなパワーとなるように設計することが望ましい。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、中継数が100を超えるような超長距離のWDMシステムでは、EDFAにおける利得偏差が微小であっても、中継段数が増加するにしたがって蓄積されていくため、利得帯域が狭まるという問題があった。

【0010】図8は、この問題を説明するための説明図である。図8（a）は、図6に示す初段のEDFA100の出力ポートPAでの出力スペクトルを示し、図8（b）は、図6に示す次段のEDFA110の出力ポートPBでの出力スペクトルを示している。図8に示すように、同一の情報を示す信号光であっても、連続して設置されたEDFAの出力間において、異なる信号光パワー分布として出力される。これは、上記した微小な利得偏差によって信号光パワーが多波長に亘って完全に平坦に増幅されないだけでなく、その利得偏差によって、信号光が上記した最適なパワーから外れてしまい、次段のEDFAにおいて平坦な利得プロファイルによる増幅を

受けることができないことによる。

【0011】特に、EDFAでは、ASE（Amplified Spontaneous Emission）雑音の発生を避けて通れず、図8（a）に示すように、信号光スペクトラムはASE成分120とともに同じ利得プロファイルによる増幅を受ける。よって、図8（b）に示すように、ASE成分130もまた利得偏差の影響を受ける。

【0012】一方で、EDFAは、光信号を励起する部分が集中している集中型光アンプであって、雑音の累積につながる伝送路光ファイバの損失や、信号の歪みや雑音の原因となる非線形性を受けるという制限があった。さらに、EDFAは、エルビウムのバンドギャップエネルギーによって定まる波長帯での光増幅を可能とするものであり、さらなる多重化を実現するための広帯域化が困難であった。

【0013】そこで、EDFAに代わる光増幅装置として、ラマンアンプが注目されている。ラマンアンプは、EDFAのようにエルビウム添加ファイバといった特別なファイバを必要としない、通常の伝送路ファイバを利得媒体とする分布型光アンプであるため、従来のEDFAをベースとしたWDM伝送システムに比べ伝送品質を向上することができる。

【0014】特に最近の研究によると、ラマンアンプは単体で用いるのではなくEDFAと併用することで最適なシステムを構築できることが分かっており、EDFAのみを用いたシステムより伝送容量を数倍から10倍以上向上できると期待されている。ところが、このラマンアンプを用いたWDMシステムは未だ確立されておらず、具体的な投入が検討されている段階に留まっている。

【0015】本発明は上記に鑑みてなされたものであって、EDFAにおいて歪みの生じた信号光をラマンアンプによってEDFAの最適な入力パワーとなるように補償し、より安定で信頼性の高い長距離伝送を実現することができる光増幅装置および光伝送システムを提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1にかかる発明は、集中型光増幅器によって増幅された信号光を入力し、入力した信号光に対し、当該信号光が集中型光増幅器において最適とされる所定の入力信号光パワーとなるようにラマン増幅をおこなうことを特徴としている。

【0017】この発明によれば、分布増幅型のラマン増幅によって、集中型光増幅器に入力する信号光を、その集中型光増幅器にとって最も増幅効率の良い入力信号光に増幅することができる。

【0018】また、請求項2にかかる発明は、集中型光増幅器によって増幅された信号光を入力し、入力した信号光の多重波長数と信号光パワー値とに基づいて、集中

型光増幅器において最適とされる入力信号光パワーを決定し、前記信号光に対し、当該信号光が前記入力信号光パワーとなるようにラマン増幅をおこなうことを特徴としている。

【0019】この発明によれば、分布増幅型のラマン増幅によって、集中型光増幅器に入力する信号光を、その集中型光増幅器にとって最も増幅効率が良くかつ多波長間で平坦な利得プロファイルとなるような入力信号光に増幅することができる。

【0020】また、請求項3にかかる発明は、集中型光増幅器によって増幅されかつ伝送路に送出された信号光を分波する分波手段と、前記分波手段によって分波された信号光の信号光パワーを検知するモニタ手段と、前記モニタ手段によって検知された信号光パワーとあらかじめ記憶された集中型光増幅器の最適入力信号光パワーとを比較し、該比較結果から、前記信号光に対し、当該信号光が前記最適入力信号光パワーとなるようにラマン増幅をおこなうのに必要な利得を決定する利得決定手段と、前記利得決定手段によって決定された利得に応じた大きさの励起光を前記伝送路に出力する励起光源と、を備えたことを特徴としている。

【0021】この発明によれば、分布増幅型のラマン増幅器の構成において、集中型光増幅器に入力する信号光が、その集中型光増幅器にとって最も増幅効率の良い入力信号光に増幅されるように、ラマン増幅での利得を決定する利得決定手段が備えられている。

【0022】また、請求項4にかかる発明は、請求項3に記載の光増幅装置において、前記利得決定手段が、前記信号光の多重波長数に基づいて、あらかじめ記憶された集中型光増幅器の複数の最適入力信号光パワーのうちの一つを前記比較の対象となる最適入力信号光パワーとすることを特徴としている。

【0023】この発明によれば、分布増幅型のラマン増幅器の構成において、集中型光増幅器に入力する信号光が、その集中型光増幅器にとって信号光の多重波長数に応じて最も増幅効率の良くかつ多波長間で平坦な利得プロファイルとなるような入力信号光に増幅されるように、ラマン増幅での利得を決定する利得決定手段が備えられている。

【0024】また、請求項5にかかる発明は、伝送路上に複数の集中型光増幅器を具備して構成される光伝送システムにおいて、前記集中型光増幅器間の伝送路上に設けられるとともに、前段の集中型光増幅器によって増幅された信号光を入力し、入力した信号光に対し、当該信号光が後段の集中型光増幅器において最適とされる所定の入力信号光パワーとなるようにラマン増幅をおこなう光増幅装置を備えたことを特徴としている。

【0025】この発明によれば、分布増幅型のラマン増幅によって、次段の集中型光増幅器に対して、その集中型光増幅器にとって増幅効率が最も良いパワーの入力信

号光を入力することができる。

【0026】また、請求項6にかかる発明は、伝送路上に複数の集中型光増幅器を具備して構成される光伝送システムにおいて、少なくとも前記伝送路上を伝播する信号光の多重波長数を示す制御信号光を前記伝送路に送信する信号光情報送信装置と、前記制御信号光を受信する信号光情報受信装置と、前記集中型光増幅器間の伝送路上に設けられるとともに、前段の集中型光増幅器によって増幅された信号光を入力し、入力した信号光から当該信号光の信号光パワー値を取得し、前記信号光情報受信装置から前記信号光の多重波長数を取得し、取得した信号光パワー値と多重波長数とに基づいて、後段の集中型光増幅器において最適とされる入力信号光パワーを決定し、前記信号光に対し、当該信号光が前記入力信号光パワーとなるようにラマン増幅をおこなう光増幅装置と、を備えたことを特徴としている。

【0027】この発明によれば、分布増幅型のラマン増幅によって、次段の集中型光増幅器に対して、その集中型光増幅器にとって信号光の多重波長数に応じて増幅効率が最も良くかつ多波長間で平坦な利得プロファイルとなるようなパワーの入力信号光を入力することができる。

【0028】また、請求項7にかかる発明は、請求項6に記載の光伝送システムにおいて、前記信号光情報送信装置が、OSC (Optical Supervisory Channel) 送信機であり、前記信号光情報受信装置が、OSC受信機であることを特徴としている。

【0029】この発明によれば、多重波長数を取得する手段として、OSC送信機とOSC受信機とからなる系を利用することができる。

【0030】また、請求項8にかかる発明は、請求項5、6または7に記載の光伝送システムにおいて、前記集中型光増幅器が、エルビウム添加ファイバアンプであることを特徴としている。

【0031】この発明によれば、エルビウム添加ファイバアンプによる利得偏差やASE雑音による信号光の歪みを補償することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下に、本発明にかかる光増幅装置および光伝送システムの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0033】図1は、実施の形態にかかる光増幅装置およびその光増幅装置を用いた光伝送システムの概略構成を示すブロック図である。図1において、光伝送システムは、伝送路9上の信号光を増幅するEDFA20と、制御情報等のSV信号を送信するOSC (Optical Supervisory Channel) 送信機41と、OSC送信機41から出力されたSV信号を伝送路9に伝送する光合波器24と、ラマン増幅によって分布型の光増幅をおこなう光

増幅装置10と、上記SV信号を受信するOSC受信機42と、伝送路9上のSV信号をOSC受信機42に導く光分波器23と、を備えて構成される。

【0034】なお、この光伝送システムは、WDMシステムとし、OSC送信機41は、少なくとも、伝送路9上を伝播している信号光のチャネルの数、換言すれば波長数を示す情報をSV信号に含めて送信しているものとする。

【0035】また、光増幅装置10は、光合波器21、光分波器22、利得制御部12、モニタ部13、利得決定部14、テーブル記憶部15およびHPU30を備えて構成される。モニタ部13は、光分波器22によって分波された信号光を受光し、その信号光パワーを検知する手段であり、フォトダイオード等の受光素子によって構成される。利得決定部14は、モニタ部13によって検知された信号光パワーに基づいて、テーブル記憶部15に記憶された「EDFA最適入力パワー表」と「励起光パワー表」とで特定される利得制御パラメータを決定する手段である。

【0036】また、利得制御部12は、利得決定部14によって決定された利得制御パラメータに従ってHPU30の各レーザユニットの発振出力を制御する手段であり、APC（自動レーザ出力制御回路）等で構成される。HPU30は、利得制御部12による制御に従った利得の励起光を出力する手段である。

【0037】図2は、HPU30の構成例を示す図である。図2において、HPU30は、発振中心波長が異なる6つのレーザユニットLD1～LD6と、マッハツェンダ型のWDMカプラ31とで構成される。さらに、各レーザユニットLD1～LD6は、同一発振中心波長の2つのファブリペロー型半導体レーザ34を備え、各半導体レーザ34のレーザ出力をファイバブラッググレーティング33（FBG）で波長安定化するとともに、偏波合成器（PBC）32で合波して一つの出力としている。なお、このPBC32による偏波合成は、各発振中心波長の励起パワーを増加させるとともにラマン利得の偏波依存性を低減するための措置である。

【0038】各レーザユニットLD1～LD6から出力されたレーザ出力は、WDMカプラ31によってさらに合波され、高出力の多重化された励起光として出力される。HPU30から出力された励起光は光合波器21を介して、伝送路9である光ファイバを通光する。なお、図1においては、後方励起の例を示しており、光合波器21によって合波された励起光は、信号光とは逆の進行方向に向かって伝送路9内を通光する。

【0039】伝送路9内を高出力の励起光が通光することにより、伝送媒体である光ファイバの材質特性に基づいて、励起光よりも110nm分長波長側にシフトしたラマン散乱光が発生し、誘導ラマン散乱過程を経て、励起光のエネルギーは信号光に遷移する。これにより、信

号光が増幅される。

【0040】つぎに、実施の形態にかかる光増幅装置および光伝送システムの動作について説明する。図3は、実施の形態にかかる光増幅装置および光伝送システムの動作を説明するためのフローチャートである。まず、光増幅装置10は、モニタ部13によって、伝送路9上を伝播している信号光を検知し、その信号光パワーの値を取得する（ステップS101）。そして、モニタ部13によって取得された信号光パワーを示す値は、利得決定部14に入力される。

【0041】その一方で、OSC受信機42は、OSC送信機41から送信されたSV信号を受信し、受信したSV信号から波長数を取得する（ステップS102）。そして、取得した波長数を利得決定部14に入力する。利得決定部14は、信号光パワーを示す値と波長数とを取得すると、まず、テーブル記憶部15にあらかじめ記憶された「EDFA最適入力パワー表」を参照して、最適な入力パワーを決定する（ステップS103）。

【0042】図4は、「EDFA最適入力パワー表」の例を示す図である。図4に示すように、「EDFA最適入力パワー表」は、多重化された波長数ごとにEDFA20における最適な入力パワー値を示した表である。ここで、最適な入力パワーとは、「従来の技術」において説明したように、その波長数に対して最も平坦な利得を示すパワーである。図4において例えば、取得した波長数が2である場合、EDFA20は、入力された信号光が $-17\text{ dBm}$ のパワーである際に最も効率よく平坦な利得での増幅を可能にすることを意味し、利得決定部14は、その $-17\text{ dBm}$ を最適な入力パワーとして決定する。

【0043】つづいて、利得決定部14は、取得した信号光パワーと、上記ステップS103において決定した最適入力パワーとを比較し、双方の差分を演算する。そして、その演算結果からさらに、取得した信号光パワーが最適入力パワーとなるために必要な利得を演算し、テーブル記憶部15にあらかじめ記憶された「励起光パワー表」を参照して、HPU30を構成する各レーザユニットに対して必要な励起光パワー（利得プロファイル）を選出する（ステップS104）。

【0044】図5は、「励起光パワー表」の例を示す図である。図5に示すように、「励起光パワー表」は、必要な利得ごとにHPU30を構成する各レーザユニットの励起光パワーの値を示した表である。図5において例えば、上記演算結果において必要な利得が3dBである場合、レーザユニットLD1～LD6は、順に励起光パワー40mW、45mW、40mW、10mW、10mW、15mWとなる利得プロファイルが選出される。

【0045】利得決定部14は、このようにして利得プロファイルを選出すると、その利得プロファイルが示す各励起光パワーの制御信号を利得制御部12に入力す

る。利得制御部12は、入力された制御信号に従って、HPU30内の各レーザユニットLD1～LD6の利得を変更する（ステップS105）。

【0046】なお、HPU30が、すでに上記手順によって「励起光パワー表」に基づく利得制御を受けている場合には、前回に必要であった利得に、新たに必要となった利得を加えた結果から利得プロファイルを選出する。例えば、HPU30が、すでに利得決定部14によって利得3に対応する利得プロファイルによる利得制御を受けている状態において、モニタ部13および利得決定部14による演算結果により、必要な利得が2であると算出された場合には、前回の利得3に今回の利得2を加えた利得5に対応する利得プロファイルが選出される。

【0047】以上に説明したとおり、実施の形態にかかる光増幅装置によれば、伝送路9を伝播する信号光のパワーがEDFA20の最適入力パワーとなるように、その信号光に対してラマン増幅をおこなうので、次段のEDFA20に対して、常に最適なパワーの信号光を入力することができる。

【0048】また、実施の形態にかかる光伝送システムによれば、EDFA間に上記した光増幅装置を設けることで、次段のEDFA20において、多波長に亘って常に平坦で最適な増幅をおこなうことができ、従来のように中継段数の増加にともなって利得偏差が重畳されることが防止され、伝送距離をより長距離にすることができる。

【0049】なお、以上に説明した実施の形態では、EDFAを用いた光伝送システムに、本発明にかかる光増幅装置を設けて、信号光パワーの補償をおこなうとしたが、半導体レーザ増幅器等のEDFA以外の集中型の光増幅器によって構築された光伝送システムに対しても同様に適用することができる。

【0050】また、図1において、光増幅装置が後方励起をおこなう場合を例に示したが、前方励起または後方励起と前方励起とを組み合わせた系に対しても、同様にモニタ部13、利得決定部14、テーブル記憶部15、利得制御部12を設けることで、同様な構成を実現し、同様な効果を楽しむことができる。

【0051】さらに、EDFAを用いたWDMシステムでは、通常、上記したOSC送信機41およびOSC受信機42が設けられているが、OSC受信機42および光分波器23の構成を本発明にかかる光増幅装置10の構成要素に加えてもよい。

【0052】

【発明の効果】以上に説明したように本発明にかかる光増幅装置によれば、伝送路を伝播する信号光がEDFA等の集中型光増幅器に入力する最適なパワーとなるように、その信号光に対してラマン増幅をおこなうので、次段の集中型光増幅器に対して、常に増幅効率の高くかつ

多波長に亘っても平坦な利得プロファイルを示す最適なパワーの信号光を入力することができ、これにより実質的に利得偏差の重量が減減されるという効果を奏する。

【0053】また、本発明にかかる光伝送システムによれば、従来のEDFA等の集中型光増幅器によって構築された光伝送システムにおいて、集中型光増幅器間に上記した光増幅装置を設けることにより、次段の集中型光増幅器において、多波長に亘って常に平坦で最適な増幅をおこなうことができ、従来のように中継段数の増加にともなって利得偏差が重畳されることが防止され、集中型光増幅器と分散型光増幅器による二重の利得によって、信号光の伝送距離をより長距離に伸ばすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態にかかる光増幅装置およびその光増幅装置を用いた光伝送システムの概略構成を示すブロック図である。

【図2】実施の形態にかかる光増幅装置のHPUの構成例を示す図である。

【図3】実施の形態にかかる光増幅装置および光伝送システムの動作を説明するためのフローチャートである。

【図4】実施の形態にかかる光増幅装置および光伝送システムにおいて記憶される「EDFA最適入力パワー表」の例を示す図である。

【図5】実施の形態にかかる光増幅装置および光伝送システムにおいて記憶される「励起光パワー表」の例を示す図である。

【図6】従来のWDMシステムの概略構成を示すブロック図である。

【図7】従来のEDFAにおける利得プロファイルを説明するための説明図である。

【図8】従来のWDMシステムの問題を説明するための説明図である。

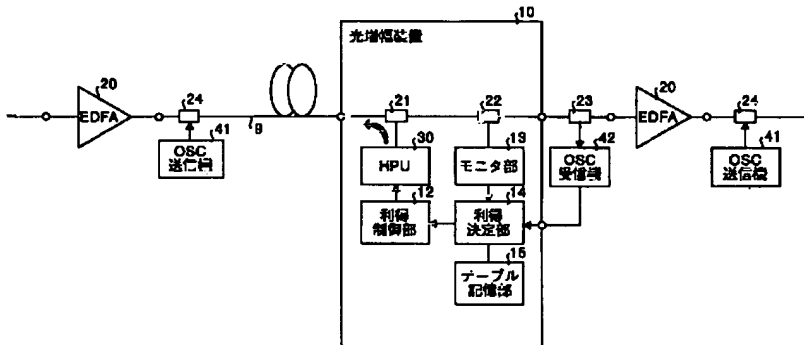
【符号の説明】

- 9, 99 伝送路
- 10 光増幅装置
- 12 利得制御部
- 13 モニタ部
- 14 利得決定部
- 15 テーブル記憶部
- 20, 100, 110 EDFA
- 21, 24 光合波器
- 22, 23 光分波器
- 30 HPU
- 31 WDMカブラ
- 33 ファイバブラッググレーティング
- 34 半導体レーザ
- 41 OSC送信機
- 42 OSC受信機
- 120, 130 ASE成分

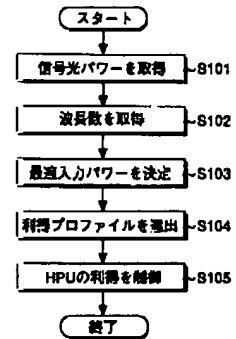
LD1~LD6 レーザユニット

PA, PB 出力ポート

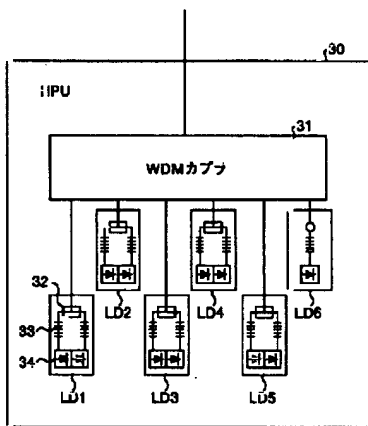
【図1】



【図3】



【図2】



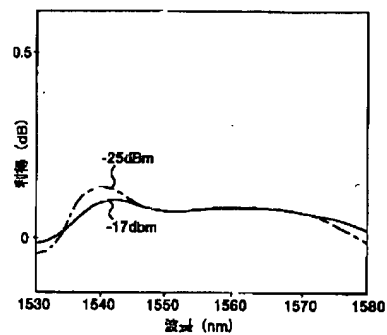
【図5】

利得 (dB)	各波長光パワー (mW)					
	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6
1	10	12	12	0	0	5
2	25	25	25	5	7	10
3	40	45	40	10	10	15
4	60	65	60	20	15	25
5	85	80	80	30	20	35
6	110	110	110	35	25	45
7	130	130	130	40	25	50
8	150	150	150	45	30	60
9	175	175	175	50	35	70
10	200	175	200	50	40	75

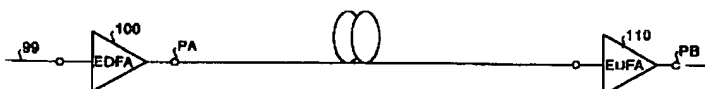
【図4】

波長数	EDFA最大入力パワー - (dBm)
1	-20
2	-17
3	-15
4	-14
5	-13
6	-12.5
7	-12
8	-11
9	-10
10	-9
11	-8
12	-7
13	-6
14	-5
15	-4
16	-3
17	-2
18	-1
19	0
20	1
21	2
22	3
23	4
24	5
25	6
26	7
27	8
28	9
29	10
30	11
31	12
32	13

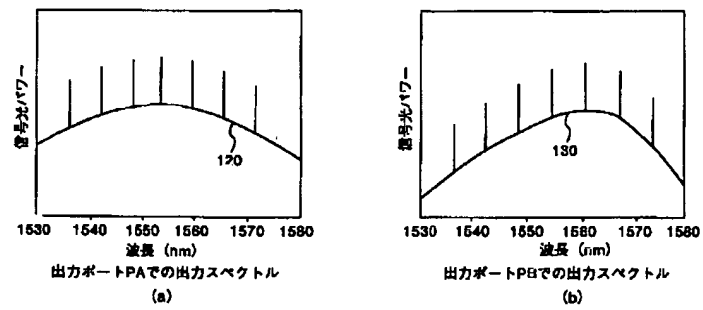
【図7】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

(参考)

H 0 4 B 10/14

H 0 4 B 9/00

S

10/16

10/17

H 0 4 J 14/00

14/02